

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang 1989/90

Oktober/November 1989

EEE 307 - Antena dan Perambatan

Masa : [3 jam]

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi 6 muka surat beserta Lampiran (1 muka surat) bercetak dan TUJUH (7) soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab LIMA (5) soalan.

Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sut sebelah kanan sebagai peratusan daripada markah keseluruhan yang diperuntukkan bagi soalan berkenaan.

Jawab kesemua soalan di dalam Bahasa Malaysia.

Simbol-simbol:

x, y, z kordinat kartes

r, θ, ϕ kordinat sfera

ρ, θ, z kordinat selinder

ω halaju sudut

λ panjang gelombang

β pekali perambatan

c halaju cahaya

t masa

1. (a) Tunjukkan bahawa fungsi $F = e^{-\alpha z} \sin(\omega x - \vartheta t)$ memenuhi persamaan gelombang

$$\nabla^2 F = \frac{1}{c^2} \ddot{F}$$

selagi halaju gelombang diberikan oleh

$$\vartheta = c \left(1 + \frac{\alpha^2 c^2}{\omega^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

(60%)

- (b) Vektor elektrik \mathbf{E} gelombang elektromagnet dalam ruang bebas diberikan oleh ungkapan

$$\mathbf{E}_x = \mathbf{E}_z = 0$$

$$\mathbf{E}_y = A \cos \omega(t - z/c)$$

Menggunakan persamaan Maxwell bagi keadaan ruang bebas, tentukan ungkapan bagi komponen vektor magnet \mathbf{H} .

(40%)

2. (a) Medan magnet di dalam arah z bagi ragam TE_{mn} yang berambat di dalam pandugelombang segiempat diberikan oleh

$$H_z = H_0 \cos\left(\frac{m\pi x}{a}\right) \cos\left(\frac{n\pi y}{b}\right) e^{-j\beta_z z}$$

iaitu a dan b adalah lebar dan tinggi pandugelombang tersebut.

- i. Tuliskan komponen-komponen medan ragam TE_{01}
- ii. Tentukan kuasa yang dibawa oleh gelombang ini.

(55%)

- (b) Jika dimensi pandugelombang di atas (2(a)) adalah $a = 1.012$ cm, $b = 2.286$ cm dan frekuensi gelombang tersebut ialah 9400 MHz dengan kuasa tuju 15 mW, cari

- i. Frekuensi potong
- ii. Panjang gelombang pandugelombang
- iii. Amplitud medan magnet

(45%)

3. (a) Gelombang ragam TE_{10} dirambatkan di dalam pandugelombang segiempat dengan julat frekuensi antara 8.6 - 9.6 GHz. Panjang gelombang pandugelombang tersebut telah disukat seperti dalam Jadual 1. Plotkan graf yang sesuai dan cari dimensi pandugelombang tersebut.

Frekuensi (GHz) λ_g (panjang gelombang pandugelombang dalam cm)

8.6	5.35
8.8	5.08
9.0	4.84
9.2	4.62
9.4	4.43
9.6	4.26

Jadual 1 - Panjang gelombang pandugelombang yang disukat bagi beberapa frekuensi

(50%)

- (b) Keratan-rentas bagi pandugelombang segiempat tanpa lesap mempunyai ukuran, $a = 3.404$ cm dan $b = 7.212$ cm. Adakah ragam-ragam berikut boleh dirambatkan pada frekuensi 5 GHz: TE_{01} , TE_{10} , TE_{11} , TE_{20} . Jika tidak mengapa? Berapakah pelemahan yang dikenakan ke atas gelombang tersebut?

(50%)

4. (a) Punca bagi fungsi Bessel dan terbitannya adalah diberikan seperti berikut;

$$J_0(x) : x = 2.405, 5.520, 8.654$$

$$J_1(x) : x = 3.832, 7.016, 10.173$$

$$J_2(x) : x = 5.136, 8.417, 11.620$$

$$J_0'(x) : x = 3.832, 7.016, 10.173$$

$$J_1'(x) : x = 1.841, 5.331, 8.536$$

$$J_2'(x) : x = 3.054, 6.706, 9.969$$

$$J_3'(x) : x = 4.2$$

- (i) Apakah ragam yang terkecil yang boleh dirambatkan di dalam pandugelombang bulat bergaripusat 7.2cm? Kira frekuensi potongnya.

- (ii) Berapakah julat frekuensi bagi ragam ini supaya tiada ragam-ragam kabur yang lain?

(50%)

- (b) Galangan gelombang keciliran bagi pandugelombang bulat di dalam ragam TE diberikan oleh

$$Z_o = \frac{120\pi}{\sqrt{1 - (\lambda_o/\lambda_c)^2}}$$

ialtu λ_0 ialah panjang gelombang dalam ruang bebas dan λ_c ialah panjang gelombang potong. Cari nilai frekuensi yang tidak diketahui yang berambat di dalam pandugelombang bulat bergarispusat 4 cm jika galangan gelombang kecilian ialah 420 ohm dalam ragam TE_{11} .

(50%)

5. (a) Untuk menghasilkan ketumpatan kuasa $1 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$ di dalam arah yang diberikan, pada jarak 2 km, suatu antenna menyinarkan jumlah kuasanya 180 W. Suatu antenna isotropik terpaksa menyinarkan jumlah kuasa 5400 W untuk menghasilkan ketumpatan kuasa yang sama pada jarak tersebut. Berapakah, dalam desibel, gandaan berarah antenna praktik tersebut?

(20%)

- (b) Apakah yang anda faham dengan sebutan "rintangan sinaran"? Jika suatu antenna mempunyai rintangan sinaran 72 ohm, rintangan lesap 8 ohm, dan gandaan kuasa 16, berapakah kecekapan dan kearahannya?

(40%)

- (c) Suatu pemantul paraboloid bergarispusat 64m, disuap oleh antenna tak berarah, digunakan pada 1430 MHz. Hitung lebaralur antara dua titik kuasa-setengahnya dan lebaralur antara dua nul serta gandaan kuasa merujuk kepada dwikutub setengah-gelombang (1.64), anggap pencahayaan yang seragam.

(40%)

6. (a) Suatu dawai lurus panjangnya L terletak disepanjang paksi z dengan satu hujung pada titik asal kordinat polar (kartes), membawa arus $I_0 e^{j(\omega t - 2\pi z/\lambda)}$. Tunjukkan bahawa magnitud medan elektrik yang disinarkan pada jarak r_0 dari titik asal ($r_0 \gg L$) ialah,

$$|E_{\theta}| = \frac{60I_0}{r_0} \frac{\sin\theta}{1 - \cos\theta} \sin\frac{\pi L}{\lambda} (1 - \cos\theta)$$

(60%)

- (b) Terbitkan ungkapan rintangan sinaran bagi antenna dawai di atas.

(40%)

[Peringatan: Medan elektrik bagi dwikutub Hertzian

$$E_{\theta} = j \frac{60\pi[1]}{\lambda r} \sin\theta$$

7. (a) Terangkan perbezaan antara antenna gelombang mengembara dan antenna gelombang pegun serta merujuk kepada suatu contoh masing-masing.

Lapan dwikutub menegak sesatah dengan titik tengah-tengahnya, yang jarak di antara satu sama lain di sepanjang garis mendatar, adalah setengah gelombang membawa arus bermagnitud dan fasa yang sama. Terbitkan ungkapan bagi gambarajah polar di dalam satah mendatar dalam sebutan kekuatan elektrik E, dalam satah yang sama disebabkan oleh dwikutub tunggal. Maka hitung sudut antara dua arah sifar yang sebelah sisi alur utama.

(60%)

- (b) Apakah yang dimaksudkan dengan prinsip pendaraban corak yang digunakan untuk menentukan gambarajah polar bagi antenna saf (array).

Suatu antenna saf mengandungi empat sumber titik isotropik yang sama serta beramplitud dan fasa yang sama, terletak pada bucu segiempat sama mempunyai jarak pepenjuru (diagonal)

$3\lambda/4$. Menggunakan prinsip pendaraban corak, tentukan gambarajah polar saf tersebut di dalam satah yang mengandungi sumber tersebut. Lakarkan gambarajah tersebut.

(40%)

Kordinat Kartes

$$\begin{aligned}
 1. \quad & \frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z} = \rho \\
 2. \quad & \frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} + \frac{\partial B_z}{\partial z} = 0 \\
 3. \quad & \frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} = -\frac{\partial B_x}{\partial t} \\
 & \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} = -\frac{\partial B_y}{\partial t} \\
 & \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} = -\frac{\partial B_z}{\partial t} \\
 4. \quad & \frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} = i_x + \frac{\partial D_x}{\partial t} \\
 & \frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x} = i_y + \frac{\partial D_y}{\partial t} \\
 & \frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} = i_z + \frac{\partial D_z}{\partial t}
 \end{aligned}$$

Kordinat Selinder

$$\begin{aligned}
 1. \quad & \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r D_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial D_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial D_z}{\partial z} = \rho \\
 2. \quad & \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r B_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial B_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial B_z}{\partial z} = 0 \\
 3. \quad & \frac{1}{r} \frac{\partial E_z}{\partial \phi} - \frac{\partial E_\phi}{\partial z} = -\frac{\partial B_r}{\partial t} \\
 & \frac{\partial E_r}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial r} = -\frac{\partial B_\phi}{\partial t} \\
 & \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r E_\phi) - \frac{1}{r} \frac{\partial E_r}{\partial \phi} = -\frac{\partial B_z}{\partial t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \quad & \frac{1}{r} \frac{\partial H_z}{\partial \phi} - \frac{\partial H_\phi}{\partial z} = i_r + \frac{\partial D_r}{\partial t} \\
 & \frac{\partial H_r}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial r} = i_\phi + \frac{\partial D_\phi}{\partial t} \\
 & \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r H_\phi) - \frac{1}{r} \frac{\partial H_r}{\partial \phi} = i_z + \frac{\partial D_z}{\partial t}
 \end{aligned}$$

Kordinat Sfera

$$\begin{aligned}
 1. \quad & \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 D_r) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (D_\theta \sin \theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial D_\phi}{\partial \phi} = \rho \\
 2. \quad & \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 B_r) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (B_\theta \sin \theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial B_\phi}{\partial \phi} = 0 \\
 3. \quad & \frac{1}{r \sin \theta} \left[\frac{\partial}{\partial \theta} (E_\phi \sin \theta) - \frac{\partial E_\theta}{\partial \phi} \right] = -\frac{\partial B_r}{\partial t} \\
 & \frac{1}{r} \left[\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial E_r}{\partial \phi} - \frac{\partial}{\partial r} (r E_\phi) \right] = -\frac{\partial B_\theta}{\partial t} \\
 & \frac{1}{r} \left[\frac{\partial}{\partial r} (r E_\theta) - \frac{\partial E_r}{\partial \theta} \right] = -\frac{\partial B_\phi}{\partial t} \\
 4. \quad & \frac{1}{r \sin \theta} \left[\frac{\partial}{\partial \theta} (H_\phi \sin \theta) - \frac{\partial H_\theta}{\partial \phi} \right] = i_r + \frac{\partial D_r}{\partial t} \\
 & \frac{1}{r} \left[\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial H_r}{\partial \phi} - \frac{\partial}{\partial r} (r H_\phi) \right] = i_\theta + \frac{\partial D_\theta}{\partial t} \\
 & \frac{1}{r} \left[\frac{\partial}{\partial r} (r H_\theta) - \frac{\partial H_r}{\partial \theta} \right] = i_\phi + \frac{\partial D_\phi}{\partial t}
 \end{aligned}$$

Komponen medan dalam sebutan E_z dan H_z

$$E_y = \frac{j}{k_c^2} \left(-\beta \frac{\partial E_z}{\partial y} + \omega \mu \frac{\partial H_z}{\partial x} \right)$$

$$H_x = \frac{j}{k_c^2} \left(\omega \epsilon \frac{\partial E_z}{\partial y} - \beta \frac{\partial H_z}{\partial x} \right)$$

$$E_x = \frac{-j}{k_c^2} \left(\beta \frac{\partial E_z}{\partial x} + \omega \mu \frac{\partial H_z}{\partial y} \right)$$

$$H_y = \frac{-j}{k_c^2} \left(\omega \epsilon \frac{\partial E_z}{\partial x} + \beta \frac{\partial H_z}{\partial y} \right)$$